

УДК 581.5+911.2+504.54

Средообразующие функции лесного ландшафта и оценка экологического ущерба

А.П. Гусев, С.В. Андрушко, Н.С. Шпилевская

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

Предложена методика оценки ущерба средообразующим функциям лесных экосистем, обусловленного антропогенным воздействием. Выполнен анализ антропогенной трансформации ландшафтов модельного района в период с конца XVIII века по начало XXI века. Установлены закономерности изменения структуры землепользования: увеличение площади обрабатываемых и застроенных земель, сокращение площади лесных и болотных экосистем. Антропогенные изменения привели к существенному снижению средообразующего потенциала ландшафтов. В результате изменения структуры землепользования текущая стоимость средообразующих услуг сократилась в 5,7 раза. Ущерб, нанесенный средообразующим услугам, составил 82,6% от их текущей стоимости в конце XVIII века. В настоящее время основной причиной нарушения средообразующих функций лесных экосистем являются процессы антропогенной дигрессии. Установлено, что наиболее значимым фактором снижения средообразующего потенциала служат пирогенные дигрессии, на долю которых приходится более 70% всего ущерба, наносимого средообразующим услугам лесных экосистем.

Ключевые слова: ландшафт, лесная экосистема, средообразующие услуги, ущерб, антропогенная дигрессия.

Evaluation of damage of environment forming functions of forest landscape

A.P. Gusev, S.V. Andrushko, N.S. Shpileuskaya

Educational establishment «Francisk Skorina Gomel State University»

Methodic of an evaluation of a damage environment forming services is offered functions of the wood ecosystems, caused by anthropogenous impact. Analysis of anthropogenic transformation of landscapes of test area during the period from the XVIII-th century end on the XXI-st century beginning is made. Laws of change of structure of land use are established: increase in the area of arable land and settlements, reduction of the area of wood and marsh ecosystems. Anthropogenous changes have led to essential decrease environment forming potential of landscapes. As a result of change of structure of land use current cost environment forming services was reduced in 5,7 times. Damage of environment forming services, has left 82,6% from their current cost in the end of a XVIII-th century. Now an infringement principal cause environment forming functions of wood ecosystems are processes of anthropogenic digression. It is established that as the most significant factor of decrease средообразующего potential serve pyrogenic digression on which share it is necessary more than 70% of all damage of environment forming services of wood ecosystems.

Key words: landscape, wood ecosystem, environment forming services, damage, anthropogenic digression.

Экосистемные услуги – это выгоды, которые люди получают от экосистем. Выделяют: обеспечивающие услуги – продукты, получаемые от экосистем (продовольствие, пресная вода, волокна, топливо, генетические ресурсы); регулирующие услуги – выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов (регулирование качества воздуха, регулирование климата, регулирование воды, регулирование эрозии, очистка воды); культурные услуги – нематериальные выгоды, которые люди получают от экосистем посредством духовного обогащения, развития познавательной деятельности, рекреации, эстетического опыта, рефлексии (культурное разнообразие, духовные и религиозные ценности, системы знаний, образователь-

ные ценности, эстетические ценности, рекреация и экотуризм); поддерживающие услуги – услуги, необходимые для поддержки всех других экосистемных услуг (почвообразование, круговорот питательных веществ, круговорот воды, фотосинтез) [1].

Средообразующие функции природных ландшафтов можно рассматривать как регулирующие и поддерживающие экосистемные услуги, т.е. выгоды, получаемые людьми от регулирования экосистемных процессов (качества воздуха, местного, регионального и глобального климата, круговорота воды и т.д.) [1–2]. Совокупность регулирующих и поддерживающих экосистемных услуг формирует средообразующий потенциал территории.

К основным средообразующим функциям природных экосистем относят: поддержание биогеохимических циклов вещества; поддержание газового баланса и влажности атмосферы; стабилизацию климатических показателей; формирование устойчивого гидрологического режима территорий и самоочищение природных вод; формирование биопродуктивности почв и защиту их от эрозии; уменьшение интенсивности экстремальных природных явлений (наводнений, засух, жары, ураганов и др.) и ущерб от них; биологическую переработку и обезвреживание отходов; биологический контроль структуры и динамики биотических сообществ и отдельных видов [2]. Существующая система оценки экологического ущерба слабо учитывает ущерб, наносимый средообразующим (средорегулирующим) функциям природных экосистем. Актуальным является разработка методик оценки данного вида экологического ущерба, в том числе на основе экономических критериев.

Цель исследования – разработка и апробация методики оценки ущерба средообразующим функциям лесных экосистем при антропогенном преобразовании ландшафта. Решались следующие задачи: анализ антропогенной трансформации ландшафтов модельного района с конца XVIII века по начало XXI века; оценка ущерба средообразующим функциям (услугам), обусловленного изменениями структуры землепользования; изучение современных процессов антропогенной дигрессии в лесных экосистемах и оценка их влияния на средообразующие функции.

Материал и методы. Объектом исследования являлся модельный район в пределах юго-востока Беларуси, расположенный в междуречье Сожа и Узы, имеющий общую площадь 735 км². Природно-ландшафтная структура района представлена моренно-зандровым (62% от общей площади), аллювиальным террасированным (10%), пойменным (12%) и вторично-моренным ландшафтами (16%).

В ходе исследований был использован картографический материал: карта Гомельского уезда масштаб 1:84000 (двухверстка) (1783); топографические карты масштаба 1:10000 (1983); топографические карты масштаба 1:100000 (1941, 1974–1985), 1:200000 (1923–1931, 1988). Кроме того, использованы космofотоснимки (Google, Landsat, 2006–2008 гг.). Современные ареалы типов землепользования уточнялись маршрутным методом. Для оценки ущерба, наносимого современным лесным эко-

системам дигрессивными процессами, использовались данные по таксационному описанию Макеевского лесничества Гомельского лесхоза.

Ландшафты района изучались на трех временных срезах: 1) конец XVIII века; 2) начало XX века (конец 1920-х гг.); 3) начало XXI века (2000 гг.).

Основной картографический материал представлялся в виде набора карт, выполненных с помощью программных пакетов ArcView 3.2a и Quantum GIS (QGIS 1.6.0). Расчет площадных показателей осуществлялся на основе модулей Spatial Analyst 2.0a и fTools QGIS.

Экосистемные услуги могут оцениваться как в баллах, так и в денежном эквиваленте. На основе имеющихся экономических оценок [3] может быть предложена ориентировочная удельная стоимость основных средообразующих функций лесных и болотных экосистем (в условных единицах на 1 га в год; 1 у.е.=1 доллар США): водоочистительная – 100–400; воздухоочистительная – 600–700; стокорегулирующая – 20–60; почвозащитная – 20; климаторегулирующая – 4; углерододепонирующая – 10. Средняя стоимость средообразующих функций лесной экосистемы составляет 690, низинного болота – 160; верхового болота – 470 у.е. на 1 га в год (данные оценки следует рассматривать как приблизительные, поскольку не все средообразующие и средорегулирующие услуги экосистем могут оцениваться в денежном эквиваленте).

Капитализированная стоимость определяется как $O=R/q$, где R – удельная текущая (ежегодная) оценка экосистемы (цена средообразующих функций или услуг); q – капитализатор (обратно пропорционален сроку самовоспроизводства данной экосистемы). Для лесных экосистем q составляет от 0,005 до 0,02 [4].

Ущерб определяется как $Y=O \cdot K_p$, где K_p – коэффициент, зависящий от степени повреждения экосистемы (1 – полное уничтожение; сильное повреждение – 0,5; среднее повреждение – 0,25; слабое повреждение – 0,1). При полном уничтожении экосистемы ущерб будет равен общей ее капитальной стоимости. Такие процессы, как пожары, ветровалы, нарушение гидрогеологического режима, не вызывают полного уничтожения лесной экосистемы, но повреждают в той или иной степени древостой, в результате чего снижается ее способность оказывать средообразующие услуги.

Результаты и их обсуждение. На основе архивных, картографических, аэрофотосъемочных и космofотосъемочных материалов, фондовых

материалов был проведен анализ антропогенной трансформации ландшафтов междуречья Сожа и Узы в период с конца XVIII века по начало XXI века. За это время значительно увеличились площади обрабатываемых и застроенных земель, сократилась площадь лесных экосистем. Так, в моренно-зандровом ландшафте доля распаханых и застроенных земель увеличилась в 1,4 раза, в аллювиальном террасированном ландшафте – в 2,2 раза. Соответственно сократилась доля лесных экосистем – в 8,4 и 1,6 раза. В моренно-зандровом ландшафте также значительно уменьшились площади болотных экосистем (в 20 раз).

В течение всего рассматриваемого времени лесистость территории снижалась (в целом по району в 5,5 раза), причем, наибольшее сокращение лесистости приходится на период от конца XVIII до начала XX века. В значительной степени изменялась фрагментация ландшафтов. Так, к концу XX века средняя площадь лесного массива сократилась до 0,15 км² (в конце XVIII века она составляла 4,85 км²). В аллювиальном террасированном ландшафте этот показатель уменьшился в 15 раз, в пойменном – в

147 раз, в моренно-зандровом – в 34 раза. Наибольшая фрагментация характерна для вторично-моренного ландшафта (за рассматриваемый период средняя площадь лесного массива здесь сократилась в 700 раз и сейчас составляет всего лишь 0,03 км²).

Данные антропогенные изменения привели к существенному снижению средообразующего потенциала ландшафтов.

Согласно выполненным расчетам, установлено, что в конце XVIII века текущая стоимость средообразующих услуг составляла: в моренно-зандровом ландшафте – 8,97 млн у.е. в год, в аллювиальном террасированном ландшафте – 4,14 млн у.е. в год, в пойменном ландшафте – 3,02 млн у.е. в год. В начале XXI века текущая стоимость средообразующих услуг сократилась до 1,01, 2,40 и 0,26 млн у.е. в год соответственно. Таким образом, в результате антропогенного преобразования ландшафтов ущерб, нанесенный средообразующим функциям за указанный период, составил в моренно-зандровом ландшафте 88,8%, в аллювиальном террасированном – 42,0%, в пойменном – 91,4% от их исходной стоимости (табл. 1).

Таблица 1

**Оценка ущерба средообразующим функциям
при антропогенной трансформации ландшафтов в XVIII–XX вв.**

Показатель	Срез	Ландшафты				Весь район
		АТ	П	ВМ	МЗ	
Текущая стоимость средообразующих услуг ландшафта, млн у.е./год	1	4,14	3,02	5,51	8,97	21,67
	2	2,40	0,61	0,61	1,30	4,92
	3	2,40	0,26	0,10	1,01	3,77
Ущерб, нанесенный средообразующим услугам, в % от уровня конца XVIII века		42,0	91,4	98,0	88,8	82,6

Примечание: 1 – конец XVIII века; 2 – начало XX века (конец 1920-х гг.); 3 – начало XXI века (2000 гг.); АТ – аллювиальный террасированный; П – пойменный; ВМ – вторичноморенный; МЗ – моренно-зандровый.

Таблица 2

**Оценка ущерба средообразующим услугам лесных экосистем,
обусловленного дигрессивными процессами**

Тип леса	Средний возраст	Средний запас, м ³ /га	Ущерб, нанесенный средообразующим услугам, тыс. у.е.				
			1	2	3	4	Всего
Орляковый	60,9	236	6,8	3,4	0	0	10,2
Кисличный	77,0	276	0,3	3,3	0	0	3,6
Мшистый	46,6	177	15,4	1,2	0,05	0,2	16,85
Черничный	58,1	184	1,95	1,4	0	0,01	3,36
Брусничный	50,6	145	3,1	0,02	0	0	3,12
Снытевый	52,6	203	0	0,26	0,17	0	0,43
Долгомошный	14,0	43	3,8	0	0	0	3,8
Осоковый	33,9	122	0,55	0,09	1,16	0	1,8
Осоково-травяной	24,5	105	1,08	0,24	0,12	0	1,44
Папоротниковый	42,2	144	0	0,06	0,07	0	0,13

Крапивный	49,6	246	0	0,14	0	0	0,14
Таволговый	32,3	130	0,03	0,11	0	0	0,14

Примечание: 1 – дигрессии, вызванные пожарами; 2 – дигрессии, вызванные фитовредителями; 3 – дигрессии, вызванные нарушением гидрогеологического режима; 4 – дигрессии, вызванные воздействием промышленных выбросов.

В последние десятилетия имеет место стабилизация структуры землепользования: удельные площади лесных и болотных экосистем изменяются слабо. Основными факторами экологического ущерба являются процессы антропогенной дигрессии, развивающиеся на лесных территориях. На примере Макеевского лесничества (расположено в пределах аллювиального террасированного ландшафта) была выполнена оценка ущерба, наносимого средообразующим функциям процессами деградации лесных экосистем.

На территории Макеевского лесничества в пределах рассматриваемого района преобладающими типами леса являются орляковый (36,2% площади), кисличный (19,7%), мшистый (19,7%), черничный (10,6%), брусничный (3,0%), снытевый (2,1%). Встречаются также осоковый, папоротниковый, долгомошный, крапивный, вересковый, таволговый и лишайниковый типы леса. Средний возраст древостоев составляет 56,6 лет. Средний запас – 220 м³/га. Рассчитанная нами удельная (текущая) стоимость средообразующих услуг лесных экосистем рассматриваемой территории составляет 1,02 млн у.е. в год; капитальная стоимость – 102 млн у.е. (при капитализаторе $q=0,01$).

На территории лесничества развиваются различные негативные процессы, вызывающие дигрессии лесных экосистем (захватывают территорию свыше 400 га или 27,7% площади лесов).

Дигрессии, вызванные воздействием пожаров, распространены на 15,3% площади лесничества (при этом 46 га или 3,1% всей площади лесов – гари). В наибольшей степени пирогенные дигрессии распространены в пределах долгомошного (74,6% площади), брусничного (40,3%), мшистого (31,0%), осокового (13,4%), орлякового (12,4%), верескового (9,9%) и черничного (9,1%) типов леса. В ряде кварталов пирогенные повреждения охватывают более 60% площади (кварталы 271, 272, 276, 284).

Дигрессии, обусловленные воздействием фитовредителей (корневая губка, ложный трутовик, рак-серянка и другие), в наибольшей степени затрагивают кисличный (16,3% площади), таволговый (15,7%), крапивный (14,7%), черничный (13,3%), снытевый (12,0%) типы

леса. В целом повреждения фитовредителями охватывают 10,4% площади лесничества.

Анализ типологической структуры лесов показывает, что поврежденные за счет нарушения гидрогеологического режима древостои приурочены в основном к осоковому, снытевому и папоротниковому типам леса (2,1% площади лесничества). Рост влажности почв, обусловленный подъемом уровня грунтовых вод к земной поверхности, вызывает закономерные сукцессионные смены лесных экосистем: мелколиственный осоковый лес → травяное болото (без древесной растительности); мелколиственный и широколиственный папоротниковые леса → мелколиственный осоковый лес → травяное болото; мелколиственный, смешанный, широколиственный снытевые леса → мелколиственный осоковый лес → травяное болото. Таким образом, подтапливаются влажные леса (эдафотопы В3-В5, С3-С5, Д3-Д4), так как даже небольшое по амплитуде изменение уровня грунтовых вод в данном случае отразится на состоянии древостоя.

Промышленными выбросами повреждено около 8 га или 0,5% лесов (преимущественно мшистый тип леса).

Исходя из удельной площади и степени повреждения, были рассчитаны величины ущерба, наносимого средообразующим услугам дигрессивными процессами как для всей территории лесничества в целом, так и для всех типов леса (табл. 2).

Видно, что ущерб от пирогенных дигрессий в основном приходится на мшистый, орляковый, долгомошный и брусничный типы леса. Ущерб, вызванный фитовредителями, максимален в орляковом и кисличном типах леса. Ущерб, обусловленный нарушением гидрогеологического режима, максимален в осоковом типе леса. Для каждого типа леса можно выделить приоритетный процесс – дигрессии, на которые приходится основная часть ущерба средообразующим услугам. Так, для орлякового, мшистого, брусничного, долгомошного, осоково-травяного типов леса основная часть ущерба обусловлена пирогенными дигрессиями. Для кисличного, крапивного, таволгового типов – фитовредителями. Для осокового – нарушением гидрогеологического режима (табл. 2).

Общий ущерб средообразующим услугам процессами деградации лесов составил 45,5 тыс. у.е. за 10 лет (4,55 тыс. у.е. в год) или около 4,5% текущей стоимости этих услуг. Ущерб за счет пожаров составил 73,4% от всего ущерба; повреждения фитовредителями – 22,7%; нарушения гидрогеологического режима – 3,4%; повреждения промышленными выбросами – 0,5%. Поэтому в настоящее время пожары являются наиболее значимым фактором снижения средообразующего потенциала изучаемого ландшафта.

Заключение. Таким образом, анализ антропогенной трансформации ландшафтов между речья Сожа и Узы в период с конца XVIII века по начало XXI века показал существенное снижение их средообразующего потенциала. В результате изменения структуры землепользования текущая стоимость средообразующих услуг сократилась в 5,7 раза. Ущерб, нанесенный средообразующим услугам, составил 82,6% от их текущей стоимости в конце XVIII века. В настоящее время основной причиной нарушения средообразующих функций лесных экоси-

стем являются процессы антропогенной дигрессии. На примере Макеевского лесничества Гомельского лесхоза установлено, что наиболее значимым фактором снижения средообразующего потенциала служат пирогенные дигрессии, на долю которых приходится более 70% всего ущерба, наносимого средообразующим услугам лесных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being // Synthesis Report. Island Press, Washington DC, 2005. – 160 p.
2. Павлов, Д.С. Биоразнообразие и жизнеобеспечение человечества / Д.С. Павлов, Е.Н. Букварева // Вестн. Российск. акад. наук. – 2007. – Т. 77, № 11. – С. 974–986.
3. Экономика сохранения биоразнообразия / под ред. А.А. Тишкова. – М.: Институт экономики природопользования, 2002. – 604 с.
4. Неверов, А.В. Концептуальные основы и разработка экономической модели оценки ущерба, наносимого окружающей среде в результате строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов / А.В. Неверов, А.А. Голденков, О.А. Варпаева, И.А. Залыгин // Природные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 78–91.

Поступила в редакцию 28.09.2012. Принята в печать 22.10.2012
Адрес для корреспонденции: e-mail: gusev@gsu.by – Гусев А.П.